

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ БЕЗПРОВОДОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

Давидюк В.О., Петрова В.М.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: va.davidyuk@gmail.com

Providing of throughput stability in wireless sensor network

In this article an idea of maximum efficiency MAC protocol is proposed for using in wireless sensor networks with probability of increasing of nodes quantity. A research of optimal delay time window is provided in order to avoid throughput degradation during increasing of network size.

З впровадженням малопотужних безпроводових сенсорних мереж у різних галузях науки та техніки, дослідження можливості їх масштабування стає головним критерієм при розробці ефективних протоколів медіадоступу. У мережах значних розмірів, що складаються з вузлів, які можуть одночасно входити у режими високої активності при виникненні певних впливаючих факторів, пропускна здатність цих мереж може значним чином зменшуватись у той час, коли велика кількість вузлів починає передавати дані. Більше того, при зростанні вимог по передачі даних, буде зростати необхідна кількість вузлів мережі, що буде ускладнювати і без того існуючу проблему. Отже, при розробці протоколів медіадоступу необхідно враховувати у якості одного з головних критеріїв залежність пропускної здатності від кількості вузлів, що приймають участь при передачі.

Алгоритм CSMA/CA, котрий включений у специфікацію MAC у IEEE 802.15.4, підтримує безпроводові ad-hoc мережі з низькою потужністю та невисокою пропускною здатністю, що складаються з сенсорів, та можуть сягати розмірів 255 вузлів. У CSMA/CA дуже широко використовується алгоритм BEB (binary exponential back off, двійкова експоненційна затримка). У BEB, кожна станція обирає випадковий таймер, що рівномірно розподілений всередині певного часового інтервалу, так званого «вікна». Таймер затримки починає відраховувати час тоді, коли канал залишається не використовуваним більше часу ніж розподілений інтервал між кадрами DIFS (distributed inter frame space), зупиняється відповідно тоді, коли починається передача. Коли таймер дораховує час до нуля, вмикається передача свого тайм-слота. У випадку виявлення колізій, часове вікно збільшується вдвічі, але не більше певного значення CW_{max} . При вдалій передачі, вікно зменшується до свого мінімального значення CW_{min} .

В інших джерелах було розглянуто проблему масштабування мереж шляхом зміни параметрів MAC, аби пристосуватись до зміни кількості вузлів. У даній статті продемонстрований підхід, спрямований на знаходження оптимальних розмірів часових вікон, аби мінімізувати вплив можливого зростання мережі на пропускну здатність. Варто зазначити, що у даній статті ми використовуємо визначені розміри вікон затримки $[W_1, W_2 \dots W_m]$.

Визначимо початкові умови. У нашій моделі час ділиться на слоти, довжина пакетів постійна, кожна рівна одному тайм-слоту. Припустимо, що усі вузли синхронізовано і передача починається з початком кожного слоту. Оскільки мережа є досить навантажена, у кожній станції є пакет для передачі і з ймовірністю τ станція передає пакет у даному слоті.

Припустимо, що ймовірність колізії незмінна, тобто кожна станція, що ініціює передачу, матиме колізію з постійною ймовірністю p . Дане припущення є швидше інтуїтивним, у тому сенсі, що з ростом кількості вузлів n , стан системи, тобто повна кількість пакетів, що потенційно будуть потрапляти у колізії з даною станцією, не буде залежати від кількості повторних передач даної станції. Маючи ймовірність передачі, можливо вивести таку величину, як фактор колізії:

$$c = \frac{p}{1-p} \quad (1)$$

Оскільки відношення між ймовірностями передачі та колізій виражається складними нелінійними рівняннями, розв'язання задачі для довільних розмірів вікна є дуже складним та у деяких випадках неможливим. Як показано на рис. 1, хоч відношення і нелінійне, якщо ми сформуємо функцію затримки (2) близькою до ідеальної ступінчатої функції, тоді результуючі розв'язання завжди будуть вести до точної ймовірності колізій[1], і якщо ця ймовірність близька до оптимальної, пропускна здатність буде оптимальною при різноманітних розмірах мережі.

Щоб зімітувати ідеальний метод затримки, використаємо методи апроксимації. Задача зводиться до знаходження значень розмірів вікон затримки W_i , щоб апроксимувати реальну функцію затримки з ідеальною [1] (рис. 1):

$$\tau_{seq} = \frac{2(1-c^{m+1})}{\sum_{i=0}^m (1-c)c^i W_i + 1 - c^{m+1}} \approx \tau^*(c) \quad (2)$$

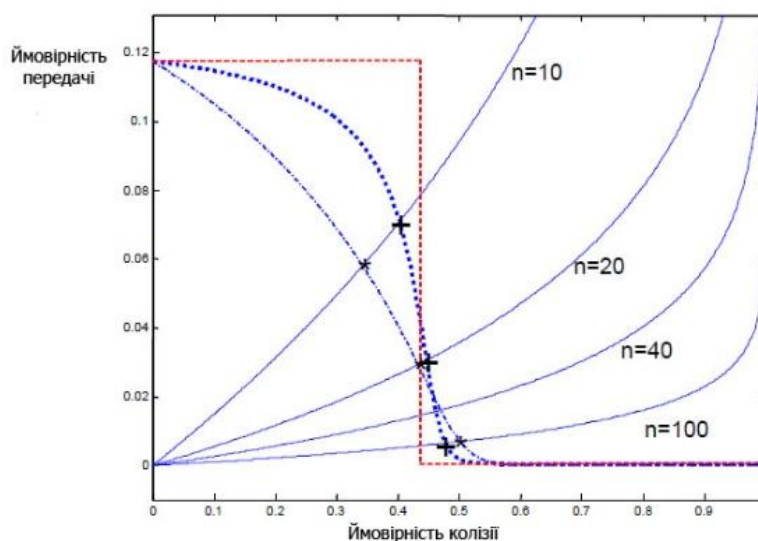


Рис. 1 Порівняння розглянутого алгоритму і двійкового експоненційного алгоритму затримки в залежності від кількості вузлів.

Апроксимація Баттерворта є найпростішою, в той час, коли еліптична апроксимація того самого порядку демонструє дещо кращий результат.

При використанні апроксимації Баттерворта k -го порядку отримано такі розміри вікон затримки:

$$W_i = \sum_{j=0}^{\lfloor i/k \rfloor} W_0 \left(\frac{1}{c}\right)^{k \cdot j} \quad i \leq m \quad (2)$$

Для наведеного нижче моделювання апроксимованої функції використовувались WLAN 802.11b модулі OPNET. Фізичний рівень базується на розширенні спектру зі скачкоподібним переналаштуванням частоти зі швидкістю передачі даних 1 Мбіт/с.

У першому випадку, кількість вузлів змінюється від 5 до 120, кожна станція передає пакети довжиною 1024 байти. Час між передачами обрано так, щоб черги передачі ніколи не залишались пустими. Результатом моделювання було отримання статистики пропускної здатності у стаціонарному стані системи. Результати показані на рис. 2

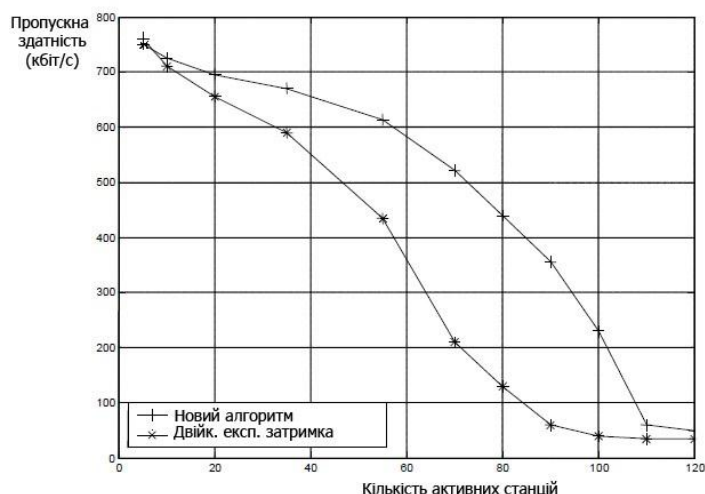


Рис. 2 Середня пропускну здатність при використанні розглянутого алгоритму і існуючого двійкового експоненційного алгоритму затримки.

У даній статті було розглянуто питання зменшення пропускної здатності у мережах adhoc зі зростанням розмірів мережі. Для розв'язання цієї проблеми було запропоновано альтернативний режим затримки, що використовує новий алгоритм. Було показано, що він демонструє високу пропускну здатність зі зростанням кількості вузлів мережі. Результати моделювання також довели це твердження.

Література

1. Ali Motamedi, Hamid Aghajan, Ahmad Bahai Throughput Persistence of Scalable Mobile Ad-hoc Networks: Evaluation and Enhancement, 2004.
2. G. Bianchi, I. Tinnirello "Kalman filter estimation of the number of competing terminal sin IEEE 802.11 network," INFO COM 2003, 22(2) , 844 – 852, 2003.
3. Jian Ma, "IEEE 802.11 Distributed coordination function (DCF): Analysis and enhancement", ICC 2002 - IEEE International Conference on Communications, no. 1, April 2002 pp. 605-609.4.